

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：34517
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2011～2013
課題番号：23500921
研究課題名(和文) NiCFを用いた面状発熱体の衣料素材への応用

研究課題名(英文) Applied

研究代表者

伊佐治 せつ子 (ISAJI, Setsuko)

武庫川女子大学・生活環境学部・教授

研究者番号：40160246

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：この研究は高分子にニッケル被覆の炭素繊維(NiCF)を混合して作成した導電性高分子複合材料(CPCs)を保温性衣料素材へ適用することに焦点を当てた。開発したCPCsを面状発熱体として寒冷地や局所環境下(冷凍倉庫等)の衣料に応用するために、その実用性の基礎的検討を行った。開発した面状発熱体は3V～4Vの低電圧で約50の表面温度となり、即応性や安全性が確認できた。しかし、表面温度分布は風の影響が大きかったことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This research was focused on applying the conductive polymer composites (CPCs), which we created previously using nickel-coated carbon fiber (NiCF), to the heat-retaining garments material. We investigated experimentally about the practicality of the plane heater which was made by CPCs in order to apply to the garments in the cold districts or the partial environments (cold storage warehouse etc.). The surface temperature of this plane heater rose above 50°C by the low voltage of 3V-4V. That means the plane heater has good reactivity and safety. On the other hand it was found the temperature distribution of this plane heater was influenced strongly by the wind velocity.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：保温性衣料素材 複合材料 面状発熱体

1. 研究開始当初の背景

近年の高分子材料はその特色である絶縁性材料としてだけでなく、導電性材料としての需要が高まっている。高分子それ自身が導電性を有するポリアニリン等を使用した導電性高分子はリチウム電池、帯電防止、マイクロ波吸収、防食、防汚等の分野での幅広い応用が期待されている。一方、カーボンブラック、金属粉末等の導電性物質を混合して得られる導電性高分子複合材料は調整しやすいので実用性が高く、導電性ゴム、導電性塗料、導電性接着剤、電磁波遮蔽材料、帯電防止材料の作成に用いられるなど多くの分野で重要な役割を發揮している。この複合材料は自己温度制御作用を有する特徴を持つ面状発熱体への応用もなされている。一方、保温性衣料製品にも発熱体が使用され始め、シリコンコードや電導体エレメント等を使用したものがあるが、いずれも衣料製品への応用としては、厚さや重量、屈曲性の問題、また安全性の面で問題がある。そこで、導電性高分子複合材料を用いて、薄くて軽く、屈曲性に富む導電性の良い面状発熱体を作製し、寒冷地で瞬時に使用できる保温性衣料製品へ応用することを考えた。

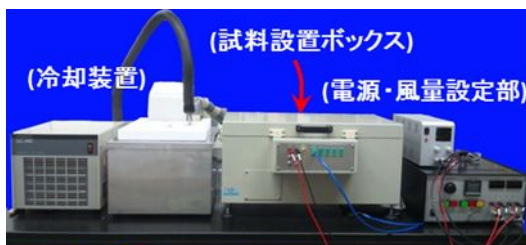
2. 研究の目的

本研究は、高分子材料にニッケルを被覆した炭素繊維 (NiCF) を混合して高い導電性を持つ導電性高分子複合材料を作成し、面状発熱体として保温性衣料素材への応用を検討することを目的とした。先の研究¹⁾においてニッケルを被覆した炭素繊維 (NiCF) を超高分子量ポリエチレンに混合して導電性高分子複合材料を作成したので、その複合材料の実用性への適合性を検討することにした。

3. 研究の方法

(1) 実験試料及び表面温度測定装置の作成

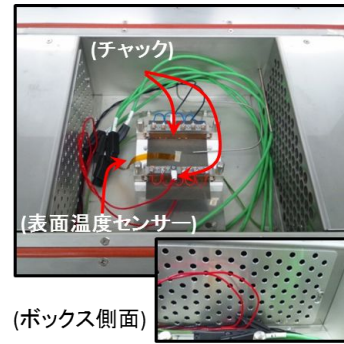
実験試料は、既に作成している UHMWPE と EMMA の高分子に NiCF を混合した複合体である。UHMWPE と EMMA の重量比 1:1 の中に NiCF を 10vol% 混合したものをフィルム状にしたものを面状発熱体として使用した。まず、この面状発熱体の実用的な温熱特性を検討するための測定装置を試作した。図 1 はその装置の写真である。図 2 に示す試料設置ボックスは 0~40 の範囲で温度制御が可能で、風速を約 0.3~1.3m/sec に変化できる。面状発熱体を断熱ボード (ケイ酸カルシウム) の上にセットし、電圧を负荷して発熱させ表面温度を計測できる。



(図1 装置全体)

(2) 実験方法

実験条件として、試料設置ボックス内温度は寒冷環境下を想定し、0、5、10 に変化させた。また、ボックス内の風速は人体動作時の着衣表面風速を想定して



(図2 試料設置状態)

0.25~1.28(m/sec)の間で 8 段階に変化させた。試料への電圧负荷は人体への影響を考慮して 1V, 2V, 3V, 4V の低電圧な 4 種を設定した。各環境温度に対して電圧を负荷するとともに風速を変化させ、試料表面温度を 900 秒間測定した。表面温度はサーミスタセンサーにより試料中央部で計測した。なお、試料の大きさは 60×120(mm)、厚さ 0.2~0.3mm で、測定部のチャックは銅製で間隔は 45 mm である。さらに、表面温度の温度分布状態を簡易型サーモグラフィで観察した。サーモグラフィによる表面温度計測は試料ボックスの上面に赤外線透過絶縁カバー (ポリオレフィン製樹脂フィルム) をし、その上から測定した。実験室環境条件は、冬季の室内環境で 15±5、50±10%R.H. である。

4. 研究成果

(1) 電圧负荷による表面温度の変化

図 3 は、環境温度 0 において本装置の風速最小限界 (0.05~0.08(m/sec)) 状態での試料表面温度の変化を示したものである。いずれも電圧负荷後 30 秒までに急激な温度上昇が見られた。负荷電圧 1V で 200 秒後に約 3 の表面温度となり、2V では約 400 秒後にほぼ 15 となった。さらに、3V で 600 秒後に 30 に達し、4V では 900 秒後に約 50 となった。開発した面状発熱体は NiCF を含んでいるため試料表面温度はこのような低電圧であってもその表面温度は大きく上昇し、4V で約 15 分後に 50 にも達することが分かった。このように、開発した面状発熱体は電圧负荷後の反応が早いこと、また、低い電圧でも高い表面温度を得ることができるため、身体を包む保温性衣料への適用を十分考えることができる。

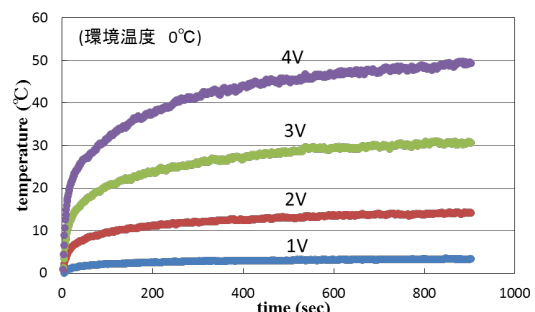


図3 電圧による表面温度変化(風速最小)

(2)表面温度に及ぼす風の影響

図4は4Vの電圧負荷とともに、風速を変化させたときの表面温度の変化である。ボックス内の環境温度は0である。300秒後には風速による表面温度の影響が明らかに見られ、風速が大きくなることによって表面温度は低下した。600秒後には風速0.25~1.28(m/sec)の変化によって、およそ10%の表面温度変化が見られた。電圧負荷が1V,2Vでは表面温度は20以下であり、風の影響は約5以下であったが、3V,4Vになると表面温度は30以上になり、風の影響が大きくなることがわかった。また、環境温度が5、10に上昇することによっても表面温度が上昇し、より風の影響が大きくなった。つまり、面状発熱体の表面温度が30以上になると風による表面温度への影響を考慮する必要がある。面状発熱体を保温性衣料に応用する場合、その使用状況によって風の影響を考慮した表面温度設定が必要となる。

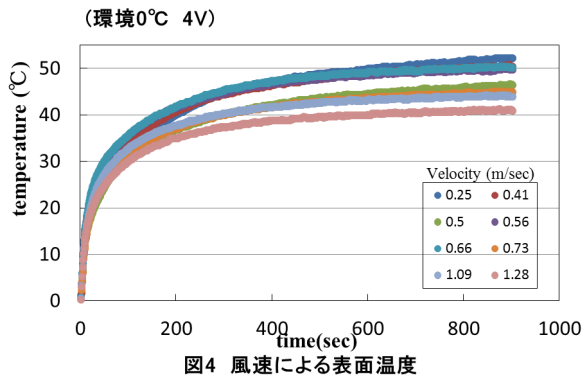


図4 風速による表面温度

図4に環境温度0における、測定開始600秒~720秒の表面温度の平均値と風速との関係を示した。各電圧とも風速が大きくなるほど表面温度は低下し、それらの相関係数は-0.79~-0.91と高い負の相関を示した。環境温度が5、10に変化しても表面温度と風速との間には同様に高い相関が得られた。これらの関係を利用することによって、風による面状発熱体の表面温度変化を制御することが可能になれば保温性衣料への適用がより効果的となる。

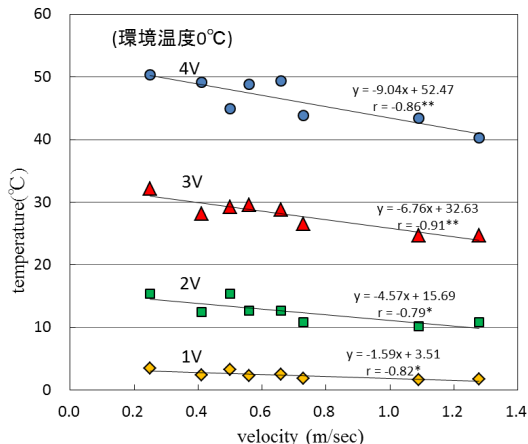


図5 風速と表面温度の関係

(3)面状発熱体の表面温度分布

面状発熱体の実用に当たっては表面温度の分布ムラは大きな問題である。今回の試料の表面温度の状態は簡易型のサーモグラフィで観測した。ボックス内の環境温度5の場合に1~4Vの電圧を負荷して900秒経過後のサーモグラフィの写真が図6である。

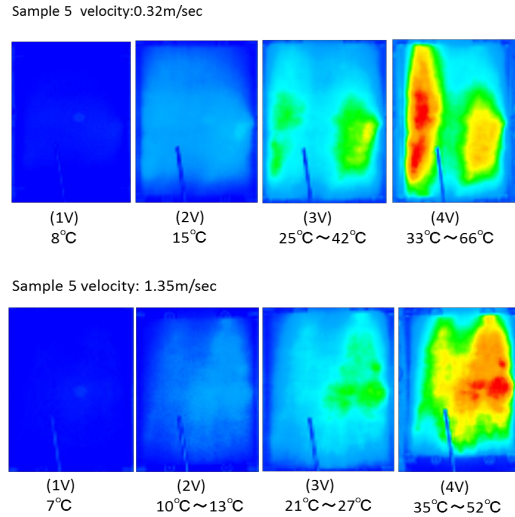


図6 風速及び電圧の変化による表面温度変化

試料ボックスのカバーに透過率70%の赤外線透過絶縁カバー(ポリオレフィン製樹脂フィルム)を使用しているが、表面温度表示はサーミスタセンサーで検量したものをそれぞれの写真下に表面温度として表示している。写真の左右に銅製のチャックがあり、電気は左右にながれる。また、写真中の棒状の影は環境温度センサーである。図6の上段に示したように、風速が小さい(0.32m/sec)場合、3Vの電圧負荷ではっきりとした温度ムラが見られ、4Vになると図の左右のチャック付近に高い温度分布が見られた。温度分布が生じるのは周囲への熱移動のためであるが、本実験の試料台は断熱ボード(ケイ酸カルシウム)であり、試料背面より上下方向や左右方向への熱移動が大きいことが推測できる。そして、特に左右方向での温度むらが大きいのは左右の銅版チャックの熱伝導率が高いため上下方向より多くの熱量が移動したと考えた。また、本実験の試料作成においてはNiCFの配向はランダムなものとしたので試料自体の配向による温度ムラは考えにくい。即ち、風速が小さくて電圧が高い時は表面温度が高くなり、表面温度の分布ムラが生じるが、これは、試料自体の影響ではなく電極としてのチャック部分の熱移動に問題があることが分かった。しかし、図6の下段のように風速を大きく(1.35m/sec)すると3V,4Vでもチャック付近における温度分布の偏りは風速の小さい場合より少なくなっていた。つまり、風速が大きく(1m/sec以上)表面温度が50程度では極端なチャック部付近への熱移動はなく、試料中心部から周囲への熱伝導による温度分布が見られることがわかった。

(4) 結論と今後の検討

今回開発の NiCF 含有の面状発熱体は 3V ~ 4V の低電圧でも電圧負荷後 30 秒以内に急激な温度上昇が起こり、10 分から 15 分後には約 30 ~ 50 の表面温度を示す応答性の良い素材として保温性衣料素材への応用が可能であると考えた。また、電圧負荷時の表面温度に対する風の影響は大きく、特に実用面から考えると、寒冷環境下において高い温度を必要とする場合は、わずかな風速の変化が表面温度や表面温度の温度分布にも大きく影響することが明らかとなった。従って、風による面状発熱体の表面温度の変化を制御することが可能になれば保温性衣料への適用がより効果的となることが示唆された。

今後の検討として、実際の衣服に應用して被験者実験を行い実用上の詳細なデータを得ることが必要である。また、面状発熱体としての物理的使用限界、例えば、寒冷環境及び、冷凍倉庫における発熱体の電力消費や電極に関する問題、表面カバーの影響などの検討が必要である。それらの詳細は以下のものである。

開発した発熱体を衣料素材として使用するためには、薄くて屈曲性に富み、圧迫に対する強度を有し、発熱面積もさまざまに変えられるものにする。そのために、衣料に適合する各種物性特性(曲げ硬さ、圧迫に対する強度、引張り強度、屈曲への耐用性など)を KES システムなどの測定機器を用いて評価する。

さらに、発熱体の保温性衣料としての適合性を検討するために、発熱体を装着した衣料(例えばベスト)を作成し、温熱感覚を中心とした着心地(曲げ硬さや引張り特性)に関する着用実験を行う。なお、着用実験では人の温熱感覚と同時に衣服内温度を同時に測定し、発熱体の保温性の効果を調べる。

写真 1 は実用にすることを想定して、携帯用電池を用いた場合の面状発熱体の使用状態である。

表面保護カバーは写真のように PET フィルムでラミネートすることを検討している。しかし、電極部の問題や、冷凍倉庫を想定したマイナス環境での電力消費の問題などがある。これら実用的な保温性衣料としての検討や製品化するための



写真 1 実用仕様発熱体
と携帯用電池

問題を解決することによって、開発の面状発熱体の衣料への応用を考えることができる。

参考文献

1) Setsuko Isaji, Yuezhen Bin and Masaru Matsuo; Journal Polymer Science: Part B: Polymer Physics, vol.47, p.p.1253-1266, 2009

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1 件)

代表名 伊佐治 せつ子、髪井 宏江

発表表題 寒冷環境下における Ni-CF を用いた面状発熱体の表面温度に対する風の影響

学会名 日本繊維機械学会

発表年月日 2013 年 5 月 31 日

発表場所 大阪科学技術センタービル

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊佐治 せつ子 (ISAJI, Setsuko)

武庫川女子大学・生活環境学部・教授

研究者番号: 40160246

(2) 研究分担者

竹本 由美子 (TAKEMOTO, Yumiko)

武庫川女子大学・生活環境学部・助教

研究者番号: 90581926

(3) 連携研究者

奥野 温子 (OKUMO, Tsumuko)

武庫川女子大学短期大学部・生活造形学科・教授

研究者番号: 60085248